

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета
факультета радиотехники и
электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): **Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике**
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Арсентьев А.В., к.т.н.**
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**
(наименование факультета)

Протокол № _____ от «_____» _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии **Москаленко А.Г.**
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета
факультета радиотехники и
электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль: “Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике”
(название профиля по УП)

Часов по УП: 144; Часов по РПД: 144;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на самостоятельную работу по УП: 72 (50%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 72 (50%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 4;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 2; Зачеты – 0; Зачеты с оценкой – 0;
Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 2.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах									
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции			18	18					18	18
Лабораторные			-	-					-	-
Практические			18	18					18	18
Ауд. занятия			36	36					36	36
Сам. работа			72	72					72	72
Итого			108	108					108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» квалификация «Магистр». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1407.

Программу составил: _____ к.т.н., Арсентьев А.В.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью преподавания дисциплины является формирование знаний о современных математических моделях физических процессов стандарта SUPREM и моделирования простейших приборов в микро- и нанoeлектронике.
1.2	Для освоения дисциплины поставлены следующие задачи :
1.2.1	изучение математических моделей физических процессов стандарта SUPREM;
1.2.2	моделирования простейших приборов в САПР TCAD;
1.2.3	изучение методов расчета фундаментальной системы уравнений диффузионно-дрейфовой модели.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.6
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен освоить дисциплину:		
Б1.Б.2	Методы математического моделирования	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
Б3	Государственная итоговая аттестация	

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения
ОПК-4	способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области
ПК-1	готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные модели физических процессов, применяющиеся в микро- и нанoeлектронике (ОПК-1);
3.1.2	основные методы математического моделирования, изучаемые в микро- и нанoeлектронике (ОПК-1);
3.2	Уметь:
3.2.1	самостоятельно выбрать адекватную модель изучаемой системы (ОПК-4);
3.2.2	составить алгоритм расчета (ОПК-4);
3.2.3	составить программу (в необходимых случаях – воспользоваться известными пакетами прикладных программ) (ОПК-4);
3.2.4	произвести необходимые вычисления на компьютере (ОПК-4);
3.3	Владеть:

3.3.1	навыками определения математической модели для конкретных физических процессов, полупроводниковых приборов и ИМС (ПК-1);
3.3.2	навыками проведения исследования математической модели с помощью средств вычислительной техники (ПК-1).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Разделы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и её трудоёмкость в часах				Итого
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Модели технологических операций в микро- и нанoeлектронике	2	1-10	10	10	-	40	72
2	Моделирование полупроводниковых приборов в микро- и нанoeлектронике	2	11-18	8	8	-	32	36
ИТОГО				18	18	-	72	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекционного занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
2 семестр			
1. Модели технологических операций в микро- и нанoeлектронике			
1	Модель диффузии Ферми. Двухмерная модель диффузии.	2	
3	Модель Дила — Гроува. Расширение модели. Линейная и параболическая константа скорости окисления. Зависимость толщины оксида кремния от давления, наличия кислой среды, степени легирования кремния.	2	
5	Математическая модель ионной имплантации. Гауссово распределение ионно-имплантированных примесей. Недостатки, нормирование распределения. Распределение Пирсона ионно-имплантированных примесей.	2	
7	Модель конформного осаждения. Модель химического осаждения из газовой фазы. Модель однонаправленного осаждения. Модель двунаправленного осаждения. Модель полусферического осаждения. Модель планетарного осаждения. Модель конического осаждения.	2	
9	Изотропная модель травления. Модель реактивного ионного травления. Модель плазменного травления. Модель травления, ускоренного легированием. Модели химико-механического полирования.	2	

2. Моделирование полупроводниковых приборов в микро- и нанoeлектронике			
11	Технологический маршрут создания биполярного транзистора	2	
13	Технологический маршрут создания полевого транзистора	2	
15	Особенности создания транзисторов с барьером Шоттки.	2	
17	Особенности изготовления некремниевых транзисторов.	2	

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
2 семестр		18		
1. Модели технологических операций в микро- и нанoeлектронике		10		
2	Расчет диффузии по модели легирующих примесей в поликремний.	2		
4	Численная реализация модели окисления кремния. Модель COMPRESS. Модель VISCOUS.			
6	Применение распределения Пирсона I – VIII.	2		
8	Расчет химического осаждения из газовой фазы.	2		
10	Изотропная модель травления.	2		
2. Моделирование полупроводниковых приборов в микро- и нанoeлектронике		8		
12	Моделирование процесса изготовления биполярного транзистора в технологическом редакторе в САПР TCAD	2		
14	Моделирование процесса изготовления полевого транзистора в технологическом редакторе в САПР TCAD	2		
16	Моделирование процесса изготовления полевого транзистора с барьером Шоттки в технологическом редакторе в САПР TCAD	2		
18	Моделирование процесса изготовления полевого транзистора на основе GaAs в технологическом редакторе в САПР TCAD	2		

4.3 Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
2 семестр		Зачет	72
1	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего	2

[illegible]

		задания	
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
15	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
16	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
17	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
18	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

№	Технологии
5.1	Практические занятия: а) работа в команде;
5.2	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям и лекциям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к отчетным занятиям к экзамену;
5.3	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – тестирование; – контрольные работы.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, вопросы к экзамену. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе- ченнос- ть
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	М. Н. Петров, Г. В. Гудков.	Моделирование компонентов и элементов в интегральных схемах : Учеб. Пособие - М. : Лань, 2011. - 464 с. : ил	2011 печатное	1,0
7.1.1.2	А. В. Арсентьев, А. В. Строгонов	Моделирование технологических процессов: Учеб. пособие /	2011 Маг. носитель	1,0
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	А.В. Арсентьев, Е.Ю. Плотникова	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине "Математическое моделирование технологических процессов и ИМС" для студентов направления 210100.62 "Электроника и микроэлектроника", профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения	2013 Маг. носитель	1,0
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Компьютерные лабораторные работы: Расчет ВАХ прибора с помощью различных методов в САПР Tcad. Моделирование диода в САПР Tcad. Моделирование вертикального биполярного транзистора в САПР Tcad. Моделирование горизонтального биполярного транзистора в САПР Tcad.			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Учебные лаборатории: —
8.3	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
8.4	Кабинеты , оборудованные проекторами и интерактивными досками
8.5	Натурные лекционные демонстрации: —

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине
«Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике»**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеч енность
1. Основная литература				
Л1. 1	М. Н. Петров, Г. В. Гудков.	Моделирование компонентов и элементов в интегральных схемах : Учеб. Пособие - ЭБС Лань, 2011. - 464 с. : ил	2011 электронное	1,0
Л1. 2	А. В. Арсентьев, А. В. Строгонов	Моделирование технологических процессов: Учеб. пособие	2011 Маг. носитель	1,0
3. Методические разработки				
ЛЗ. 1	А.В. Арсентьев, Е.Ю. Плотникова	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине "Математическое моделирование технологических процессов и ИМС" для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения	2013 Маг. носитель	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20 ____ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
«Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике»

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядков ый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения